

#2

PCT/JP 2004/007129

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

19.05.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 5月19日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-139962  
[ST. 10/C]: [JP2003-139962]

出 願 人  
Applicant(s): 三菱電機株式会社

REC'D 29 JUL 2004

WIPO

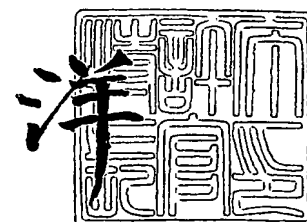
PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特2004-3054378

【書類名】 特許願

【整理番号】 546564JP01

【提出日】 平成15年 5月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23K 26/06

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

    【氏名】 黒岩 忠

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

    【氏名】 井嶋 健一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

    【氏名】 小林 信高

【特許出願人】

    【識別番号】 000006013

    【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100102439

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 宮田 金雄

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092462

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 高瀬 彌平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011394

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ加工装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光を第一の偏光手段で 2 つのレーザ光に分光し、一方はミラーを経由し、他方は第一のガルバノスキャナで 2 軸方向に走査し、2 つのレーザ光を第二の偏光手段へ導いた後、第二のガルバノスキャナで走査し、被加工物を加工するレーザ加工装置において、

第一の偏光手段で透過したレーザ光は第二の偏光手段で反射させ、第一の偏光手段で反射したレーザ光は第二の偏光手段で透過させるよう光路を構成することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 2】 2 つの偏光手段の反射面が互いに向き合うように配置し、分光したそれぞれのレーザ光の光路長がそれぞれ同一になる光路を形成することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 3】 第一の偏光手段の手前に、角度調節可能な第三の偏光角度調整用偏光手段を配置したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】 レーザ光のエネルギーを測定できるセンサを設け、2 つのレーザ光のエネルギーを測定し、所望の割合のエネルギーで 2 つのレーザ光が取り出せように、第三の偏向角度調整用変更手段の角度を調整することを特徴とする請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】 レーザ光の焦点位置を測定する測定手段に基づき、2 つのレーザ光の焦点位置を計測し、2 つのレーザ光の焦点位置の差が所望の基準以下になるように焦点位置調整手段により調整することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 6】 レーザ光を 2 つに分光した後の一方の光路中に可変形ミラーを配置し、該可変形ミラーの焦点距離を変化させることで焦点位置を調整する焦点位置調整手段を備えたことを特徴とする請求項 1 または 5 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】 レーザ光を 2 つに分光した後の一方の光路中に分光した後の

一方の光路の光路長を変化させることで焦点位置を調整する焦点位置調整手段を備えたことを特徴とする請求項1または5に記載のレーザ加工装置。

【請求項8】 レーザ光路中に配置され、上記レーザ光を反射させる反射ミラーの取り付けを可変とすることにより、光路長を変化させることを特徴とする請求項7に記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プリント基板等の被加工物に対して穴あけ加工を主目的としたレーザ加工機に関するものであり、一つのレーザ光源からのレーザ光を複数に分光し、その生産性、及び加工品質向上を図るものである。

【0002】

【従来の技術】

マスクを通過したレーザ光をハーフミラーを経由させて複数に分光し、分光した複数のレーザ光をそれぞれ  $f\theta$  レンズの入射側に配置した複数のガルバノスキャナ系に導き、該複数のガルバノスキャナ系により走査することにより、分割設定された加工エリアに照射することを可能としている。

なお、分光したレーザ光は第1のガルバノスキャナ系を経由して  $f\theta$  レンズの半分領域に導入する。

また分光した他方のレーザ光は第2のガルバノスキャナ系を経由して  $f\theta$  レンズの残り半分領域に導入させ、第1、第2のガルバノスキャナ系は  $f\theta$  レンズの中心軸に関して対称に配置することにより、 $f\theta$  レンズを1/2ずつ同時利用し生産性向上を可能にしている。

(特許文献1参照)。

【0003】

【特許文献1】 特開平11-314188号公報(第3頁、第1図)

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来のレーザ加工装置では、ハーフミラーを経由させて複数に分光した2つ

ーザ光をそれぞれ第1のガルバノスキャナ系と第2のガルバノスキャナ系で走査し、分割設定された加工エリアに照射する構成をとっているため、ハーフミラーにより分光した2つレーザ光の間にはハーフミラーを反射と透過することの違いによるレーザ光の品質のばらつきが生じ易く、また、分光のエネルギーが異なったものになってしまった場合、エネルギーを同等にするためにさらに高価な光学部品が必要であった。

また、分光した2つのレーザ光のマスク通過後、被加工物に照射されるまでの光路長が異なり、被加工物上での厳密なビームスポット径も異なったものになってしまうという問題もあった。

さらに、 $f\theta$  レンズを等分割し、分割設定された加工エリアを同時加工するため、加工エリアの加工穴数に大きな違いがある時、またワークの端部分等加工エリアの内どちらかに加工対象穴がない時等は生産性の向上が見込めない。

#### 【0005】

この発明はかかる問題を解決するためになされたものであり、分光したレーザ光のエネルギーや品質の違いを最小にし、それぞれの光路長を同一にすることでビームスポット径も同一にすることができ、また分光したレーザ光を同一領域に照射することにより、より安価に生産性を向上したレーザ加工装置を提供することを目的としている。

また、分光したレーザ光のエネルギー／焦点位置の差を容易な調整で均一にすることができ、加工性能をより安定したものにできるレーザ加工装置を提供することを目的としている。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

レーザ光を第一の偏光手段で2つのレーザ光に分光し、一方はミラーを経由し、他方は第一のガルバノスキャナで2軸方向に走査し、2つのレーザ光を第二の偏光手段へ導いた後、第二のガルバノスキャナで走査し、被加工物を加工するレーザ加工装置において、第一の偏光手段で透過したレーザ光は第二の偏光手段で反射させ、第一の偏光手段で反射したレーザ光は第二の偏光手段で透過させるよう光路を構成し、レーザ光の焦点位置を測定する測定手段に基づき、2つのレー

ザ光の焦点位置を計測し、2つのレーザ光の焦点位置の差が所望の基準以下になるように焦点位置調整手段により調整するものである。

#### 【0007】

##### 【発明の実施の形態】

##### 実施の形態1.

図1は、1つのレーザ光を分光用偏光ビームスプリッタで2つのレーザ光に分光し、2つのレーザ光を独立に走査することにより、2箇所同時に加工を実施することができる穴あけ用レーザ加工装置を示す概略構成図である。

図において、1はレーザ発振器、2はレーザ光、2aはリターダ3入射前のレーザ光2の偏光方向、2bはリターダ3で反射後のレーザ光2の偏光方向、3は直線偏光のレーザ光を円偏光に変えるリターダ、4は加工穴を所望の大きさ、形状にするために入射するレーザ光から必要な部分のレーザ光を切り取るマスク、5はレーザ光2を反射して光路を導く複数のミラー、6はレーザ光2を2つのレーザ光に分光する第一の偏光ビームスプリッタ、7は第一の偏光ビームスプリッタ6で分光された一方のレーザ光、7aはレーザ光7の偏光方向、8は第一の偏光ビームスプリッタで分光されたもう一方のレーザ光、8aはレーザ光8の偏光方向、9はレーザ光7とレーザ光8をガルバノスキャナ12に導くための第二の偏光ビームスプリッタ、10はレーザ光7、8を被加工物13上に集光させるためのf $\theta$ レンズ、11はレーザ光8を2軸方向に走査し、第二の偏光ビームスプリッタに導くための第一のガルバノスキャナ、12はレーザ光7とレーザ光8を2軸方向に走査し被加工物22に導くための第二のガルバノスキャナ、13は被加工物、14は被加工物13を移動させるためのXYステージである。

なお、第一の変更ビームスプリッタ6で分光されたレーザ光7、8が第二の変更ビームスプリッタ8に達するまでのそれぞれの光路長は同一光路長となるように設計されている。

#### 【0008】

次に、本実施の形態の詳細な動作を説明する。

本実施の形態に示される如く、1つのレーザ光を分光用偏光ビームスプリッタで2つのレーザ光に分光し、2つのレーザ光を独立に走査することにより、2箇所

同時に加工を実施することができる穴あけ加工用レーザ加工装置では、レーザ発振器 1 より直線偏光にて発振されたレーザ光 2 は、光路の途中に配置されるリターダ 3 により円偏光に変えられ、マスク 4、ミラー 5 を経由して第一の偏光ビームスプリッタ 6 に導かれる。

そして、第一の偏光ビームスプリッタ 6 にて、円偏光で入射するレーザ光 2 は、P 波成分は偏光ビームスプリッタ 6 を透過しレーザ光 7 となり、S 波成分は偏光ビームスプリッタ 6 で反射しレーザ光 8 に分光される。

なお、円偏光は、全ての方向の偏光成分を均質に持つため、レーザ 7 とレーザ光 8 は同一のエネルギーをもつように分光される。

#### 【0009】

第一の偏光ビームスプリッタ 6 を透過したレーザ光 7 は、ベンドミラー 5 を経由して、第二の偏光ビームスプリッタ 9 に導かれる。

一方、第一のビームスプリッタ 6 で反射したレーザ光 7 は、第一ガルバノスキャナ 11 により 2 軸方向に走査された後、第二の偏光ビームスプリッタ 9 に導かれる。

なお、レーザ光 7 はいつも同じ位置で第二の偏光ビームスプリッタ 9 に導かれるが、レーザ光 8 は第一のガルバノスキャナ 11 の振り角を制御することにより第二の偏光ビームスプリッタ 9 に入射する位置、角度を調整することができる。

#### 【0010】

その後、レーザ光 7、8 は第二のガルバノスキャナ 12 により 2 軸方向に走査された後、 $f\theta$  レンズ 10 に導かれ、それぞれ被加工物 13 の所定位置に集光される。

このとき第一のガルバノスキャナ 11 を走査することにより、レーザ光 8 は被加工物 13 上においてレーザ光 7 と同一位置に照射することが可能である。

また、あらかじめ設定された範囲内でレーザ光 7 に対して任意の位置に、例えば、ガルバノスキャナ 11 を走査することによりレーザ光 8 をレーザ光 7 を中心にビームスプリッタのウィンドウの特性を考慮して、4 mm 角の範囲内を走査すると共に、例えば 50 mm 四方等加工可能な範囲で振れる第二のガルバノスキャナ 12 を介して、被加工物 13 上の任意の異なる 2 点にレーザ光を照射することを



可能にしている。

#### 【0011】

また、本実施の形態では、第一の偏光ビームスプリッタ 6 を反射したレーザ光 26 a は、第二の偏光ビームスプリッタ 27 を透過、第一の偏光ビームスプリッタ 25 を透過したレーザ光 26 b は、第二の偏光ビームスプリッタ 27 を反射するよう構成されている。

そのため、分光した 2 つのレーザ光はそれぞれ反射と透過両方の過程を経ているため、反射と透過の違いによるレーザ光の品質のばらつきやエネルギーバランスの崩れを相殺することを可能にしている。

#### 【0012】

ここで、レーザ光 7 とレーザ光 8 により被加工物 13 に加工される加工穴の品質は、レーザ光のエネルギーに大きく依存する。

レーザ光 7 とレーザ光 8 で被加工物 13 に同じ品質の穴を加工する場合レーザ光 7 とレーザ光 8 のエネルギーを同じにする必要がある。

そこで、本実施の形態では、レーザ光 2 をレーザ光 7 とレーザ光 8 に分光する第一の偏光ビームスプリッタ 6 を用いて、P 波を透過させ、S 波を反射させることにより、2 つのレーザビームに分光している。

なお、第一の偏光ビームスプリッタ 6 には、P 波と S 波の成分を均等に持つレーザ光を入射させる必要がある。

#### 【0013】

図 2 は、第一の偏光ビームスプリッタ 6 の正面図を中央に、その左右に側面図、上部に上面図が示されている。

図において、61 は偏光ビームスプリッタのウィンドウ部分で炭酸ガスレーザの場合、ZnSe や Ge が使用される。

62 はレーザ光を  $90^\circ$  に折り返すためのミラーである。

偏光ビームスプリッタ 6 に入射したレーザ光は、偏光方向 7 a の成分（P 波成分）は透過し、偏光方向 8 a の成分（S 波成分）は反射する性質を持っている。

ちなみに、P 波と S 波の偏光方向は直行する。

よって、入射するレーザ光の偏光方向が偏光方向 7 a（P 波成分）と同じであれ

ば全て透過し、偏光方向 8 a (S 波成分) を同じであれば全て反射する。

また、あらゆる偏光方向が均質に存在する円偏光や、P 波、S 波に  $45^\circ$  の角度をなす偏光方向であればレーザー光は等分され、レーザー光 7 とレーザー光 8 のエネルギーは等しくなる。

#### 【0014】

本実施の形態では、2つの偏光ビームスプリッタを図 1 に示すように配置したことにより、第一の偏光ビームスプリッタ 6 ~ 第二の偏光ビームスプリッタ 9 間のレーザー光 8 と 7 の光路長を同一としているため、分光した 2 つのレーザー光のビームスポット径を同一にすることができる。

例えば、本発明の実施の形態では光路を X、Y、Z 方向に分解してもそれぞれ同一光路長なるため、光路構成要素を大小設計変更しても光路を X、Y、Z 方向に伸縮することが可能でレーザー光 8 と 7 の光路長は同一まま保つことを可能にしている。

#### 【0015】

実施の形態 2.

上述した実施の形態 1 では、レーザー発振器 1 から発振されたレーザー光 2 は、リターダ 3 において入射光と反射光が  $90^\circ$  をなす角度で入射させる必要があり、またレーザー光 2 の偏光方向 2 a は、リターダ 3 において入射光軸と反射光軸を 2 辺とする平面とリターダ 3 の反射面の交線に対し  $45^\circ$  の角度で入射させる必要がある。

ここで、仮にリターダ 3 に対するレーザー光 2 の入射する偏光方向、及び光軸角度の調整が不十分であると、円偏光率が低下し、第一の偏光ビームスプリッタ 6 に入射するレーザー光 2 の P 波成分と S 波成分のバランスが崩れ、レーザー光 7 とレーザー光 8 のエネルギーが均一にならなくなり、レーザー光 2 のリターダ 3 に入射する際の偏光方向、及び光軸角度の調整は、偏光方向は目で見えず、炭酸ガスレーザーのように可視光でない場合には光軸角度も目視できないため、円偏光率を測定し、不十分であれば角度調整を実施することを繰り返さなければならず、たいへん煩雑な作業となる場合も存在する。

また、レーザー光 2 を円偏光 2 b にした後、第一の偏光ビームスプリッタ 6 に入

射するまでに、数枚のミラー 5 で反射させるが、ミラー 5 で反射する際、円偏光率が低下することもある。

そこで、本実施の形態では、円偏光を使用することなく、直線偏光で発振されたレーザ光を用いる場合について説明する。

#### 【0016】

図 3 は、この発明の実施形態によるレーザ加工装置を示す概略構成図である。図において、2c は第三の偏光ビームスプリッタ 15 に入射前のレーザ光 2 の偏光方向、2d は第三の偏光ビームスプリッタ 15 を透過後のレーザ光 2 の偏光方向、15 はレーザ光 2 の偏光方向を調整するための第三の偏光ビームスプリッタ、16 は f $\theta$  レンズ 10 から出射されるレーザ光のエネルギーを測定するパワーセンサ、17 はレーザ光 7 を遮る第一のシャッター、18 はレーザ光 8 を遮る第二のシャッターである。

パワーセンサ 16 は、XY テーブル 14 に固定されており、レーザ光のエネルギーを測定する際は、パワーセンサ 16 の受光部にレーザ光が当たる位置にパワーセンサ 16 が移動可能となっている。

なお、その他の同一符号は実施の形態 1 で示した図 1 と同じであるため説明を割愛する。

#### 【0017】

図 4 は、図 3 で示される第三の偏光ビームスプリッタ 15 の詳細図である。図において、20 はサーボモータ、21 は第三の偏光ビームスプリッタ 15 とサーボモータ 20 を固定するブラケット、22 はサーボモータ 20 の動力を第三の偏光ビームスプリッタ 15 に伝えるタイミングベルト、23 はサーボモータ 20 に取り付けられ、タイミングベルト 22 にサーボモータ 20 の動力を伝える第一のプーリー、24 は第三の偏光ビームスプリッタ 15 に取り付けられタイミングベルト 22 により回転される第二のプーリー、25 は第三の偏光ビームスプリッタ 15 で反射するレーザ光 2 の S 波成分を受け止めるダンパである。

レーザ光 2 は、レーザ発振器 1 から直線偏光 2c で発振され、ミラー 5 で反射し、第三の偏光ビームスプリッタ 15 へ導かれる。

レーザ光 2 の P 波成分は、第三の偏光ビームスプリッタ 15 を透過し、直線偏光

2cとは異なった角度の直線偏光2dに偏光方向を変えマスク4に導かれる。  
また、レーザ光2のS波成分は、第三の偏光ビームスプリッタ15で反射しダンパ25に吸収される。

#### 【0018】

マスク4において所望の部分のみ透過したレーザ光2は、ミラー5で反射し、第一の偏光ビームスプリッタ6に導かれる。

第一の偏光ビームスプリッタ6では、レーザ光のP波成分は第一の偏光ビームスプリッタ6を透過し（レーザ光7）、S波成分は第一の偏光ビームスプリッタ6で反射する（レーザ光8）。

レーザ光7は、ミラー5で反射し、第二の偏光ビームスプリッタ9へ導かれた後、第二のガルバノスキャナ12に導かれ、X方向、Y方向に走査され、f $\theta$ レンズ10で集光され、XYテーブル14に搭載された被加工物13を加工する。

一方、レーザ光8は、第一のガルバノスキャナ11でX方向、Y方向に走査され、第二の偏光ビームスプリッタ9へ導かれる。

その後、第二のガルバノスキャナ12で再度X方向、Y方向へ走査された後、f $\theta$ レンズ10で集光され、XYテーブル14に搭載された被加工物13を加工する。

#### 【0019】

レーザ光7とレーザ光8のエネルギーのバランスを変えるためには、第一の偏光ビームスプリッタ6に入射するP波成分とS波成分の割合を変えればよく、第一の偏光ビームスプリッタ6に直線偏光のレーザ光を入射する場合は、入射するレーザ光2の偏光角度2dを変えればよい。

因みに、第一の偏光ビームスプリッタ6での損失、製作誤差等を除けば、P波と同じ偏光方向のレーザ光2を入射させれば、全てレーザ光7となって透過し、S波と同じ偏光方向のレーザ光2を入射させれば、全てレーザ光8となって反射する。

#### 【0020】

レーザ光7とレーザ光8をエネルギーが等しく分光するには、P波とS波に対し45°の偏光角度でレーザ光2を入射させればよい。

レーザ光 2 のレーザ発振器 1 から発振される際の偏光角度  $2c$  は、レーザ発振器 1 の光学的構造により決定するため、容易に偏光角度が変えられない。

しかしながら、レーザ光 2 を第三の偏光ビームスプリッタ 15 に通すと、P 波成分のみ透過し S 波成分は反射するため、第三の偏光ビームスプリッタ 15 の角度を変えることにより、レーザ光 2 の偏光角度  $2c$  を容易に変えることが可能となる。

#### 【0021】

第三の偏光ビームスプリッタ 15 の角度調整機構については、図 4 に示すようになっている。

第三の偏光ビームスプリッタ 15 はレーザ光 2 の光軸を中心に回転できるように、ブラケット 21 に固定されており、第三の偏光ビームスプリッタ 15 と一緒に回転するよう第二のプーリー 24 が固定されている。

また、第一のプーリー 23 が取り付けられたサーボモータ 20 もブラケット 21 に固定されており、第三の偏光ビームスプリッタ 15 に固定された第二のプーリー 24 とサーボモータ 20 に固定された第一のプーリー 23 は、タイミングベルト 22 で連結されている。

#### 【0022】

図に記述されていない制御装置からの信号でサーボモータ 20 が回転すると、タイミングベルト 22 を通し第三の偏光ビームスプリッタ 15 に動力が伝達され、第三の偏光ビームスプリッタ 15 の角度が変化する。

なお、第三の偏光ビームスプリッタ 15 で反射するレーザ光 2 の S 波成分はダンパ 25 で受け止められるようになっている。

ここで、第三の偏光ビームスプリッタ 15 で偏光方向の角度を調整する際、S 波成分は透過せず損失となってしまうため、効率よくレーザ光を利用する際は、第三の偏光ビームスプリッタ 15 前のレーザ光 2 の偏光角度  $2A$  を第三の偏光ビームスプリッタ 15 後のレーザ光 2 の偏光角度  $2d$  が出来る限り同じ角度に入射すると良い。

第三の偏光ビームスプリッタ 15 の角度調整は、第一の偏光ビームスプリッタ 6 へ正確な偏光角度でレーザ光 2 を入射するため、偏光角度  $2d$  を微調整する役割

となる。

### 【0023】

図5は、この発明の実施形態における所望の割合のエネルギーで2つレーザー光が取り出せるように、偏光角度調整用偏光ビームスプリッタの角度を自動調整する際のフローを示す。

説明は、図3と図5を用いて行うが、説明の便宜上、2つのエネルギーを等しくする場合について説明する。

なお、2つのレーザー光のエネルギーが異なる割合の場合でも初期設定を変更すれば同様な方法で実施することが可能である。

### 【0024】

レーザー光7とレーザー光8の許容されるエネルギー差を決め、図には記述されていない制御装置に入力し、第三の偏光ビームスプリッタ15の自動角度調整プログラムを実行する。

まず、XYテーブル14に固定されたパワーセンサ16の受光部が $f\theta$ レンズ10から出射されるレーザー光が受光できる位置にパワーセンサ16が移動する。その後、第二のシャッター18が閉じ、レーザー発振器1からレーザー光が発振される。

第二のシャッター18を閉じたことにより、レーザー光8はその部分で遮断され、 $f\theta$ レンズ10からはレーザー光7のみが出射され、パワーセンサ16ではレーザー光7のエネルギーが測定される。

エネルギー測定後、一旦レーザー光の発振は停止し、第一のシャッター17が閉じ、第二のシャッター18が開き、再度レーザー光が発振される。

今度は、第一のシャッター17を閉じたことにより、レーザー光7はその部分で遮断され、 $f\theta$ レンズ10からはレーザー光8のみが出射され、パワーセンサ16ではレーザー光8のエネルギーが測定される。エネルギー測定後、レーザー光の発振が停止し、第二のシャッター18が開く。

制御装置の中で測定した2つのレーザー光のエネルギー差が計算され、始めに入力した許容値と比較される。

許容値内であればプログラムは終了するが、許容値を外れている場合は、第三の

偏光ビームスプリッタ 15 の角度を調整し、再度 2 つのレーザ光のエネルギー測定を実施し、許容値内になるまで前記動作を繰り返す。

第三の偏光ビームスプリッタ 15 の角度調整量は、入射するレーザ光 2 の偏光方向 2 A と、第一の偏光ビームスプリッタ 6 の取付角度に依存し、第三の偏光ビームスプリッタ 15 透過後のレーザ光 2 の偏光角度 2 B を第三の偏光ビームスプリッタ 15 入射前のレーザ光 2 の偏光角度 2 A から数度程度変更するのであれば、第三の偏光ビームスプリッタ 15 の角度  $1^{\circ}$  当たり約 7 % エネルギー差を調整できることが理論的に導き出せる。

このように第三の偏光ビームスプリッタ 15 の調整角度と 2 つのレーザ光のエネルギー差の関係が、入射するレーザ光 2 の偏光角度 2 A と第一の偏光ビームスプリッタ 6 の取付角度から理論的に導きだせるため、エネルギー差の許容値にもよるが、5 % 程度の許容値であれば、上記調整ループを 2 回実施すれば、調整（プログラム）が完了するため、短時間で容易な調整が可能である。

#### 【0025】

本実施の形態によれば、1 つのレーザ光を分光用偏光ビームスプリッタで 2 つのレーザ光に分光し、2 つのレーザ光を独立に走査することにより、2 箇所同時に加工を実施することができるレーザ加工機において、分光用偏光ビームスプリッタの P 波（透過波）と S 波（反射波）に対しレーザ光の偏光角度を変更できるように分光用偏光ビームスプリッタの手前に偏光角度調整用偏光ビームスプリッタを設定し、該偏光角度調整用偏光ビームスプリッタに角度調節できる機構を設け、制御装置からの指令により角度調節可能としたことにより、分光したレーザ光のエネルギーバランスを容易に調整し、エネルギーを均一にすることにより加工性能を安定させたり、また、段取り時間の短縮を実現するとともに、安定した生産を実現することが可能となる。

また、レーザ光のエネルギーを測定できるセンサを設け、2 つのレーザ光のエネルギーを測定し、所望の割合のエネルギーで 2 つのレーザ光が取り出せようにより、偏光角度調整用偏光ビームスプリッタの角度が自動調整できることにより、より一層の段取り時間の短縮が可能となる他、調整の容易化により作業者の熟練度が不要となり、安定した加工が実現できる。

## 【0026】

実施の形態3.

上述した実施の形態2において、分光した2つのレーザ光の品質の違いを最小にするため、光路長を同一にすることでビームスポット径も同一になるよう工夫されているが、分光された2つのレーザ光がそれぞれ異なった位置に照射されるように走査され同じ  $f \theta$  レンズに導かれるまで、異なった光路を経由しているため、通過する光学部品の製作精度のばらつきにより集光特性が変化し、2つのレーザ光の焦点位置が異なる場合があり、加工品質（穴径、穴深さ、真円度等）に差異が生じることがある。

また、分光後の光学部品の内、ガルバノミラーはガルバノスキャナの駆動速度を向上するため軽量化がなされていること、偏光ビームスプリッタはレーザ光を反射、または透過させるためのウインドウをマウント部分に固定し、一体化していることから、その特性上、ばらつきを抑えた製造をすることは困難であり、レーザ光の焦点位置が異なる要因となっていた。

そこで、本実施の形態では分光した2つのレーザ光の焦点位置が異なった場合でも、より加工品質を向上するために焦点位置調整手段を追加したレーザ加工装置について説明する。

## 【0027】

図6は、この発明の実施形態によるレーザ加工装置を示す概略構成図である。図において、30はレーザ光7の第一の焦点位置可変手段である第一的可変形ミラー、31はレーザ光7の第二の焦点位置可変手段である第二的可変形ミラー、32はレーザ光による加工穴の穴径、穴位置等を測定するための撮像素子であるCCDカメラである。

なお、その他の同一符号は実施の形態1で示した図1と同じであるため説明を割愛する。

## 【0028】

第一の偏光ビームスプリッタ6を透過したレーザ光7は、第一的可変形ミラー30、第二的可変形ミラー31を経由して、第二の偏光ビームスプリッタ7に導かれる。



一方、第一のビームスプリッタ 6 で反射したレーザ光 8 は、第一のガルバノスキャナ 11 により 2 軸方向に走査された後、第二の偏光ビームスプリッタ 9 に導かれる。

その後、レーザ光 7、8 は第二のガルバノスキャナ 12 により 2 軸方向に走査された後、 $f\theta$  レンズ 10 により被加工物 13 上に照射する。

#### 【0029】

図 7 は、この発明の実施形態によるレーザ加工装置における、例えば、可変形ミラー 30 を凹形状に変形させた場合のレーザ光 7 の焦点位置の変化を示す概略図である。

図において、4 はマスク、10 は  $f\theta$  レンズ（焦点距離  $F$ ）、30 は可変形ミラー（焦点距離  $f$ ）、33 は  $f\theta$  レンズ 10 によりマスク 4 の像を転写するときの焦点位置、34 は可変形ミラー 30 のレンズ効果により、移動したとみなされる仮想上のマスク位置、35 は  $f\theta$  レンズ 10 によりマスク 34 の像を転写するときの焦点位置である。

#### 【0030】

マスク 4 により形成された像が焦点距離  $F$  の  $f\theta$  レンズ 10 により焦点位置 33 上に転写される場合、可変形ミラーが平面のとき、 $f\theta$  レンズ 10 の焦点距離  $F$ 、マスク 4 ～  $f\theta$  レンズ 10 までの距離  $A$ 、 $f\theta$  レンズ 10 ～ 焦点位置 33 の距離であるワークディスタンス  $B$  の関係は次式で表すことができる。

$$1/A + 1/B = 1/F \cdots (1)$$

#### 【0031】

ここで、光路中に配置した可変形ミラー 30 の効果により、マスク 4 は仮想上の位置 34 にあると考えることができる。

仮想上のマスク位置 34 と可変形ミラー 30 の距離  $b_1$  は、可変形ミラー 30 を焦点距離  $f$  のレンズと等価と考えた場合、(2) 式で表すことができ、(2) 式を変形することにより、 $b_1$  は (3) 式により求めることができる。

$$1/a_1 + 1/b_1 = 1/f \cdots (2)$$

$$b_1 = -f \cdot a_1 / (a_1 - f) \cdots (3)$$

ここで求める (3) 式の右辺に  $-1$  が掛けられているが、これは可変形ミラー 3

0の焦点距離 $f$ が極端に大きいため、式(3)を解くと $b_1$ の値が負になるためである。

### 【0032】

次に、仮想上のマスク位置34の像が焦点距離 $F$ の $f\theta$ レンズ10により、被加工物上に転写されると考えるとき、仮想上のマスク位置34～ $f\theta$ レンズ10までの距離 $a_2$ と $f\theta$ レンズ10～変化後の焦点位置35の距離であるワークディスタンス $b_2$ の関係は(4)式により表すことができ、また仮想上のマスク位置34～ $f\theta$ レンズ10までの距離 $a_2$ は(5)式により表すことができる。

$$1/a_2 + 1/b_2 = 1/F \cdots (4)$$

$$a_2 = b_1 + d_1 \cdots (5)$$

よって、(4)式、(5)式から(6)式を導くことができる。

$$b_2 = F \cdot (b_1 + d_1) / ((b_1 + d_1) - F) \cdots (6)$$

光路の設計時に $a_1$ 、 $d_1$ 、 $F$ の3項目は予め決定し得る要素であるため、(3)式において第一的可変形ミラー30と第二的可変形ミラー31の焦点距離 $f$ を決定すれば $b_1$ を求めることができ、(6)式からレーザ光7のワークディスタンス $b_2$ を求めることが可能である。

これらの式を逆算することにより、レーザ光7のワークディスタンス $b_2$ を自由に变化させることを可能にしている。

マスク4～第一的可変形ミラー30、31の距離・・・ $a_1$

可変形ミラー30、31～ $f\theta$ レンズ10までの距離・・・ $d_1$

$f\theta$ レンズ10の焦点距離・・・ $F$

例えば、 $a_1 = 1500\text{mm}$ 、 $d_1 = 185\text{mm}$ 、 $F = 100\text{mm}$ の時、レーザ光8のワークディスタンス $B = 106.309\text{mm}$ 、この時、レーザ光7のワークディスタンスをレーザ光8に対して $0.1\text{mm}$ 短くしたい場合、焦点距離である $b_1 = 1525.54\text{mm}$ を算出することができ、この焦点距離になるよう可変形ミラー30、31の調整をすれば良い。

また、可変形ミラーは凸形状の場合にも同様の効果を得ることが可能で、この場合レーザ光7の焦点位置を長くなる方向に作用することができる。

### 【0033】

この発明の実施形態では、第一的可変形ミラー 30 または第二的可変形ミラー 31 の焦点距離  $f$  を変化させることにより、レーザ光 8 において  $f \theta$  レンズ 10 によりマスク 4 の像を転写するときの焦点位置に対して、レーザ光 7 の焦点位置を独立して変化させることができ、レーザ光 8 とレーザ光 7 がそれぞれ通過する光学部品のばらつきにより焦点位置に差が生じた場合、レーザ光 8 の焦点位置を基準として、レーザ光 7 の焦点位置のずれ量を計測することにより、可変形ミラー 30、31 の焦点距離  $f$  を決定し、レーザ光 8 と 7 の焦点位置の差を最小にすることを可能にしている。

ここで、レーザ光 7 の焦点位置を変化させるために、第一的可変形ミラー 30 のみ、または第二的可変形ミラー 31 のみのどちらか一方の焦点距離を調整する方法と、第一的可変形ミラー 30、第二的可変形ミラー 31 を両方共の焦点距離を調整し、どちらか一方的可変形ミラーで焦点位置を変化させる場合と同等の焦点位置変化量になるように 2 つの可変形ミラーの焦点距離を調整する方法があり、どちらの場合にもレーザ光 7 の焦点位置を変化させるためには同等の効果を得ることが可能である。

#### 【0034】

本発明の実施形態のように、2 つの可変形ミラーが互いにねじれの位置、例えば、可変形ミラー 30 は X 方向と Z 軸方向の光路を含む面に垂直で、かつ X 方向と Z 軸方向の  $90^\circ$  の光路角度に対して  $45^\circ$  の法線方向になるよう配置し、可変形ミラー 31 は Z 方向と Y 軸方向の光路を含む面に垂直で、かつ Z 方向と Y 軸方向の  $90^\circ$  の光路角度に対して  $45^\circ$  の法線方向になるよう配置している場合、2 つの可変形ミラーの焦点距離の効果を合わせてレーザ光 7 の焦点位置を変化させ、かつ 2 つの可変形ミラーの焦点距離を同等にすることにより、光路中に可変形ミラーを入れたことにより発生する収差を軽減する効果があり、より安定した品質の加工を実施することを可能にしている。

#### 【0035】

実施の形態 4.

本実施の形態では分光した 2 つのレーザ光の焦点位置が異なった場合の焦点位置調整手段として、光路長を変化させる手段を追加したレーザ加工装置について

説明する。

図 8 は、この発明の実施形態によるレーザ加工装置を示す概略構成図である。図において、37 は焦点位置可変手段としての一部であり、X 軸に平行移動が可能で、Y 軸と平行な軸を支点として角度変更が可能な構造を有する第一の可動ミラー、36 は焦点位置可変手段としての一部であり、第一の可動ミラー 37 の移動により入射角が変化しても、第二の偏光ビームスプリッタ 9 へ導く光路を変化させさないような角度調整が可能な構造を有する第二の可動ミラーである。なお、その他の同一符号は実施の形態 3 で示した図 6 と同じであるため説明を割愛する。

#### 【0036】

図 9 は、この発明の実施形態によるレーザ加工装置における、例えば、第一の可動ミラー 36、第二の可動ミラー 37 の位置及び角度を変化させ、第一の可動ミラー 36 と第二の可動ミラー 37 間の光路長を延長することで、レーザ光 7 におけるマスク 4 ～fθ レンズ 10 間の光路長を延長した場合の、レーザ光 7 の焦点位置の変化を示す概略図である。

図において、4 はマスク、10 は焦点距離 F1 の fθ レンズ、38 は光路長延長によりレンズ 10 を基準として移動したと考えられるマスク位置、39 は fθ レンズ 10 によりマスク 4 の像を転写される焦点位置、40 は fθ レンズ 10 によりマスク 38 の像を転写される焦点位置である。

#### 【0037】

図 9 において、実施形態 3 と同様に、fθ レンズ 10 の焦点距離 F1、マスク 4 ～fθ レンズ 10 までの距離 A1、fθ レンズ 10 ～焦点位置 39 の距離であるワークディスタンス B1 の関係は次式で表すことができる。

$$1/A1 + 1/B1 = 1/F1 \cdots (7)$$

#### 【0038】

また、第一の可動ミラー 37 と第二の可動ミラー 36 間の光路長延長により移動後のマスク位置 38 ～fθ レンズ 10 までの距離 A2、fθ レンズ 10 ～焦点位置 40 の距離であるワークディスタンス B2 の関係は次式で表すことができる。

$$1/A2 + 1/B2 = 1/F1 \cdots (8)$$

ここで、 $f\theta$  レンズ 10 の焦点距離  $F1$  は一定のため、マスク 4 ~  $f\theta$  レンズ 10 間の光路長延長により、 $A1$  よりも  $A2$  の方が大きくなった場合、 $B1$  よりも  $B2$  の方が小さくなる。つまり、ワークディスタンスが  $B1$  から  $B2$  に移動することで、焦点位置 39 を 40 に移動させることが可能であることが解かる。

例えば、 $A1 = 1685\text{mm}$ 、 $F1 = 100\text{mm}$  の時、レーザ光 8 のワークディスタンス  $B1 = 106.3091\text{mm}$ 、このとき、レーザ光 7 のワークディスタンスをレーザ光 8 に対して  $0.05\text{mm}$  短くしたい場合、 $B2 = 106.2591\text{mm}$  とするためには、 $A1 = 1697.67\text{mm}$  となり、第一の可動ミラー 37 と第二の可動ミラー 36 間の光路長を  $12.67\text{mm}$  延長すればよい。

#### 【0039】

図 10 はこの発明の実施形態 4 において、第一の可動ミラー 37 と第二の可動ミラー 36 間の光路長を変化させ、レーザ光 7 の焦点位置を移動した場合の第一の可動ミラー 37、第二の可動ミラー 36 の配置とレーザ光 7 の偏光方向 7a の変化を示す。

図において、7a は光路長を変化させない場合の第二の偏光ビームスプリッタ 9 に入射するレーザ光 7 の偏光方向、7b は、第一の可動ミラー 37 と第二の可動ミラー 36 間の光路長を変化させた場合のレーザ光 7 の偏光方向を示す。

光路長を変化させない場合、レーザ光 7 の偏光方向 7a は、第二の偏光ビームスプリッタ 9 の S 波成分と一致するため、レーザ光 7 の持つ全てのエネルギーが第二の偏光ビームスプリッタ 9 を反射し、加工エネルギーとして使用される。

#### 【0040】

しかしながら、光路長を変化させた場合には、レーザ光 7 の偏光方向 7b は第二の偏光ビームスプリッタ 9 の S 波成分に対して角度を持った状態で入射することにより、レーザ光 7 の持つエネルギーの内、一部は第二の偏光ビームスプリッタ 9 の P 波成分として透過するため、この部分でレーザ光 7 のエネルギーのロスが生じる。

例えば、第三の偏光ビームスプリッタ 15 を透過したレーザ光の偏光方向を第一の偏光ビームスプリッタ 6 の S 波、P 波に対して  $45^\circ$  の角度でレーザ光を導き

、第一の偏光ビームスプリッタ 6 を反射したレーザ光 8、透過したレーザ光 7 のエネルギーを等しくしても、第二の偏光ビームスプリッタ 9 において、レーザ光 7 のエネルギーがロスするため、レーザ光 8 とレーザ光 7 のエネルギーを等しくすることができない。

このような場合、第三の偏光ビームスプリッタ 15 の偏光角度調整を実施し、第二の偏光ビームスプリッタ 9 でロスするレーザ光 7 のエネルギーを相殺するように、第一の偏光ビームスプリッタ 6 に入射するレーザ光の偏光角度を調整すれば良い。

例えば、第一の偏光ビームスプリッタ 6 を透過する P 波成分を増やすことで、レーザ光 7 のエネルギーを増やすことができるため、第一の偏光ビームスプリッタ 6 に入射するレーザ光の偏光角度を互いに直交する P 波、S 波に対して  $45^\circ$  の角度から、さらに P 波に近い方向に傾けるように、第三の偏光ビームスプリッタ 15 の偏光角度調整をすれば良い。

#### 【0041】

この発明の実施形態では、第一の可動ミラー 37 と第二の可動ミラー 36 間の光路長を変化させることにより、レーザ光 8 が f  $\theta$  レンズ 10 によりマスク 4 の像を転写するときの焦点位置に対して、レーザ光 7 の焦点位置を独立して変化させることができ、レーザ光 8 とレーザ光 7 がそれぞれ通過する光学部品のばらつきにより、焦点位置に変化が生じた場合にも、レーザ光 8 の焦点位置を基準として、レーザ光 7 の焦点位置のずれ量を計測することにより、第一の可動ミラー 37 と第二の可動ミラー 36 の距離を決定し、レーザ光 8 と 7 の焦点位置の差を最小にすることを可能にしている。

また、この時発生するレーザ光 7 のエネルギーロスは、第三の偏光ビームスプリッタ 15 を用い偏光角度調整を実施することで補うことが可能で、レーザ光 8 とレーザ光 7 のエネルギーを等しくすることができる。

#### 【0042】

次に、2 つのレーザ光の焦点位置の差を調整するため、2 つ可変形ミラーの焦点距離、または 2 つの可動式ミラーにより光路長を自動調整する際のフローを図 11 を用いて説明する。

まず、XYステージ14上のあらかじめ設置された調整用の被加工物13（例えばアクリル板）をf $\theta$ レンズ10の加工エリア内に移動する。

第一のシャッター18を開き、第二のシャッター17を閉じ、レーザ光8のみを被加工物に焦点位置確認用の加工、例えば図示されていない駆動装置により、第一の偏光ビームスプリッタ6～f $\theta$ レンズ10間の光路部品、及びCCDカメラ32の一式をZ方向に移動し、被加工物13とf $\theta$ レンズ10との距離をZ軸方向に変化させるとともに、XYステージ14を移動することで異なる位置に異なるワークディスタンスによる加工を実施する。

その後、第一のシャッター17を開け、第二のシャッター18は閉じて、レーザ光7のみにおいて、被加工物に焦点位置確認用の加工を実施する。

加工実施後、XYステージ14を移動することによりCCDカメラ32でレーザ光8、7による加工穴の穴径、真円度を測定する。

制御装置において測定した加工穴径、真円度から、2つのレーザ光の焦点位置が判断され、焦点位置の差が許容値内であればプログラムは終了するが、許容値を外れている場合は2つのレーザ光8、7の焦点位置の差から、可変形ミラーの焦点距離、または可動式ミラーによる光路長の調整量が計算され、再度2つレーザ光の焦点位置確認用の加工を実施し、許容値内になるまで前記動作を繰り返す。

#### 【0043】

ここで、可動式ミラーにより光路長を調整した場合には、焦点位置の調整が終了した時点で、第三の偏光ビームスプリッタ15により、2つのレーザ光のエネルギーが均一になるよう調整すれば良い。

このような焦点位置の調整は定期的に、例えば段取り時や、装置の立ち上げ時等を実施することで、2つレーザ光の穴品質は常により高い精度を維持することができ、作業者の熟練度も不要となるため安定した加工を実施することができる。

#### 【0044】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、分光したレーザ光のエネルギーや品質の違いを最小にし、それぞれの光路長を同一にすることでビームスポット径も略同一にすることができ、

安価に生産性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 であるレーザ加工機の概略構成を示した図である。

【図 2】 偏光ビームスプリッタの分光模式図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 2 であるレーザ加工機の概略構成を示した図である。

【図 4】 偏光角度調整用偏光ビームスプリッタ部分を拡大した図である。

【図 5】 偏光角度調整用偏光ビームスプリッタの自動調整プログラムのフロー図である。

【図 6】 この発明の実施の形態 3 であるレーザ加工機の概略構成を示した図である。

【図 7】 この発明の実施の形態 3 であるレーザ加工機における、焦点位置の変化を概略的に示した図である。

【図 8】 この発明の実施の形態 4 であるレーザ加工機の概略構成を示した図である。

【図 9】 この発明の実施の形態 4 であるレーザ加工機における、焦点位置の変化を概略的に示した図である。

【図 10】 この発明の実施の形態 4 であるレーザ加工機における、レーザ光の偏向方向の変化を示した模式図である。

【図 11】 焦点位置可変手段による、焦点位置の自動調整プログラムのフロー図である。

【符号の説明】

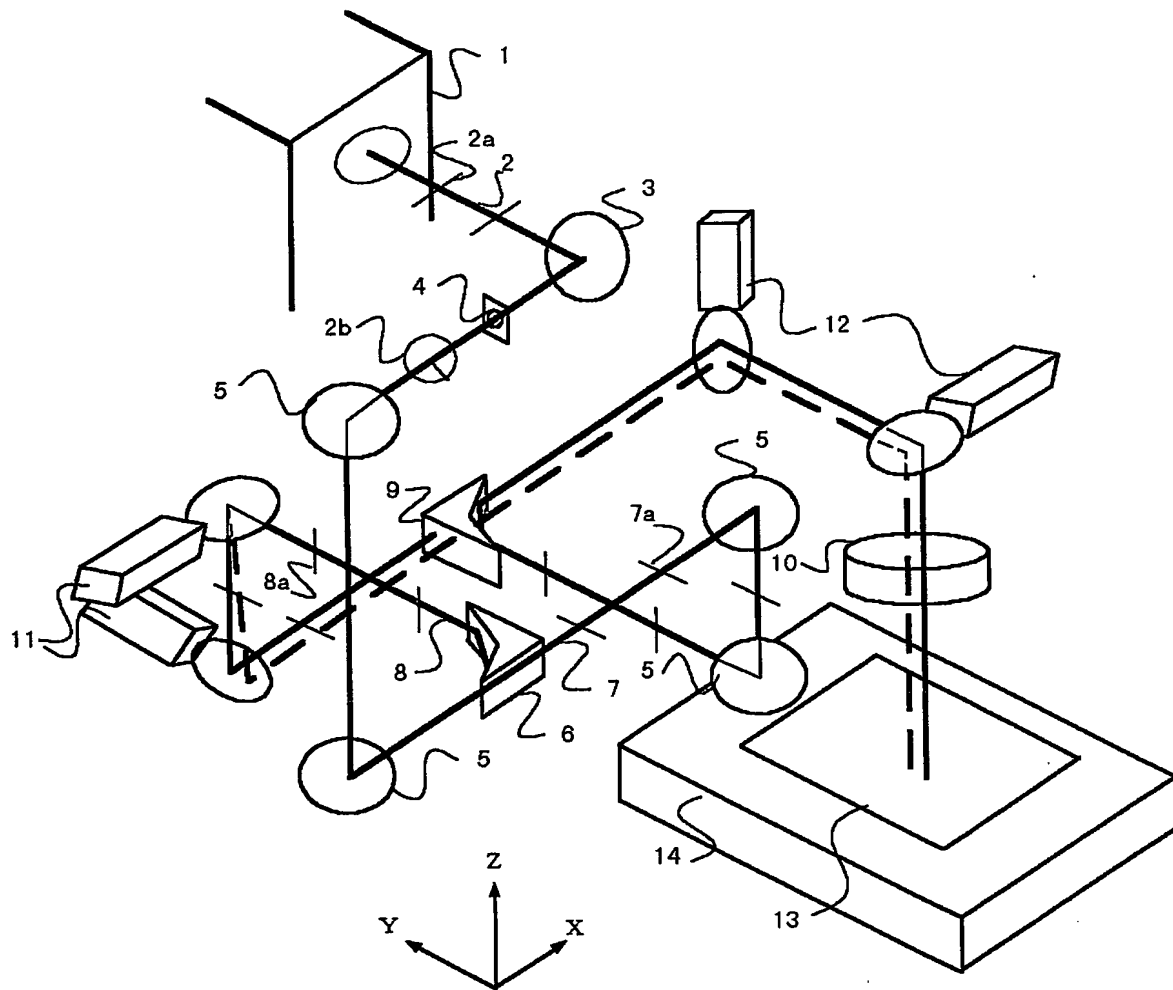
1 レーザ発振器、2 レーザ光、3 リターダ、4 マスク、5 ミラー、  
6 第一の偏向ビームスプリッタ、7 第一の偏向ビームスプリッタで分光されたレーザ光、8 第一の偏向ビームスプリッタで分光されたもう一方のレーザ光、9 第二の偏向ビームスプリッタ、10  $f\theta$  レンズ、11 第一のガルバノスキャナ、12 第二のガルバノスキャナ、13 被加工物、14 XYステージ、15 第三の偏向ビームスプリッタ、16 パワーセンサ、30 第一の可



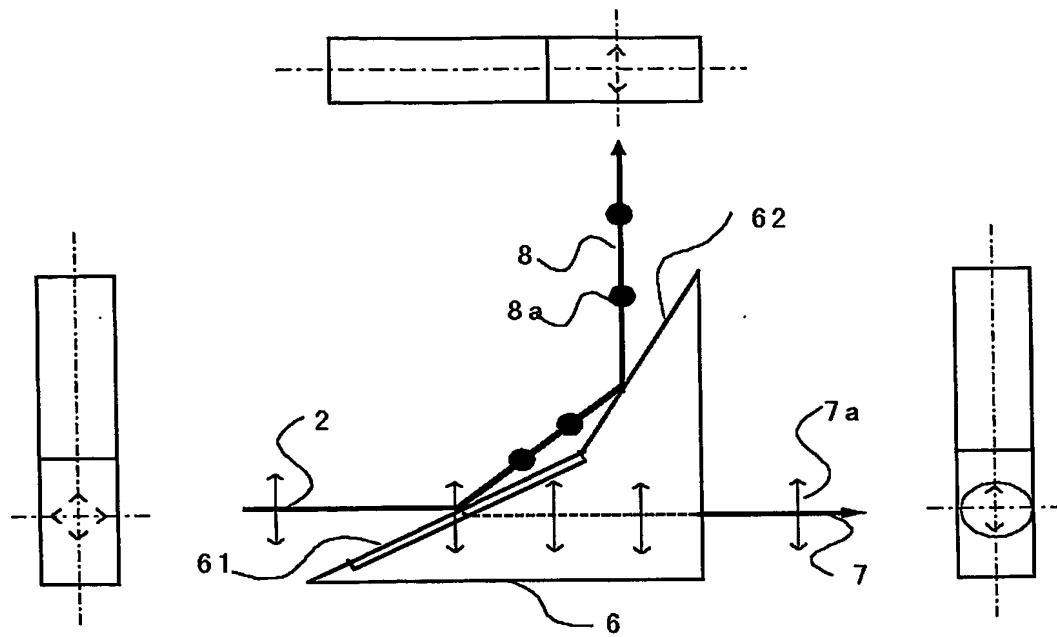
変形ミラー、3 1 第二の変形ミラー、3 2 C C Dカメラ、3 6 第一の可  
動ミラー、3 7 第二の可動ミラー。

【書類名】 図面

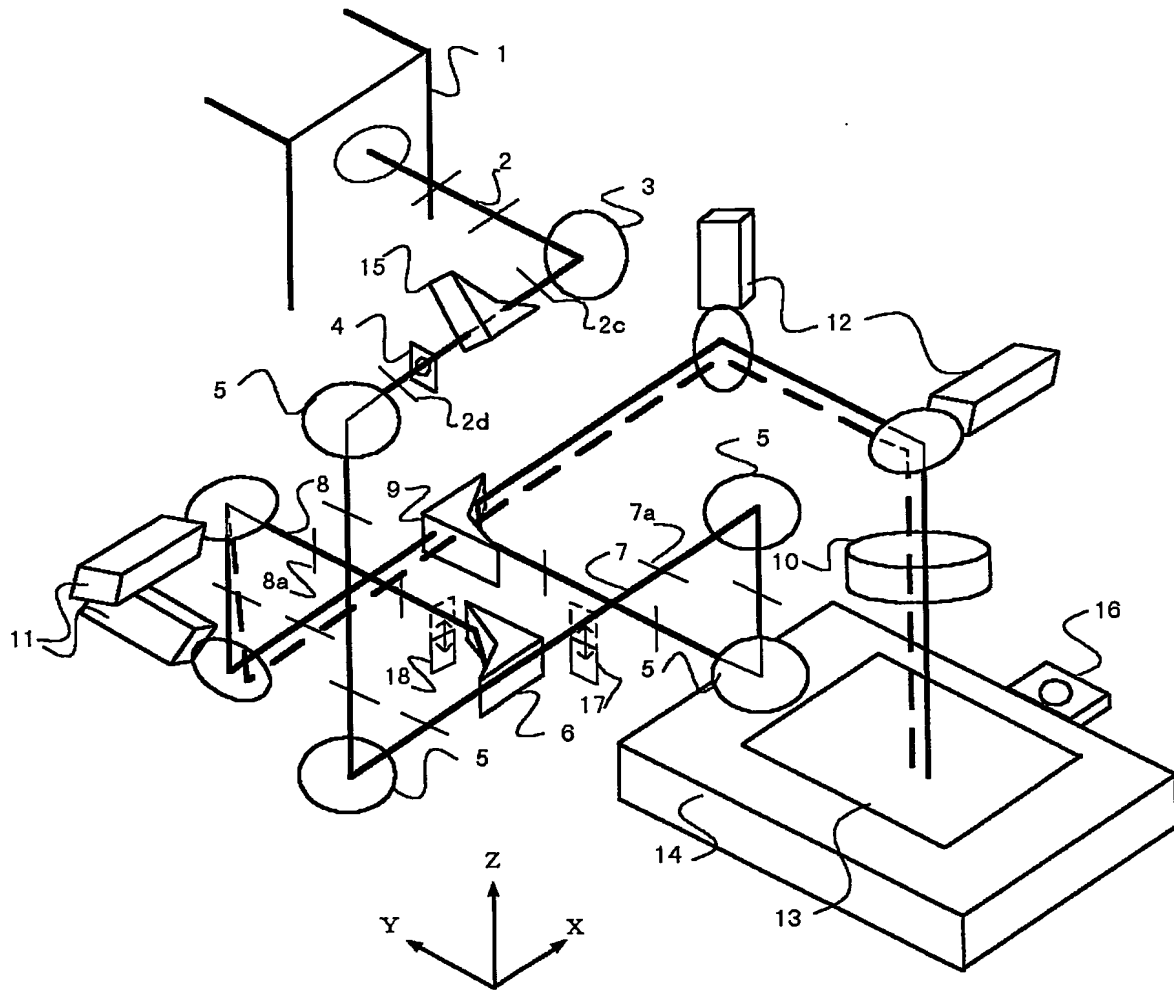
【図 1】



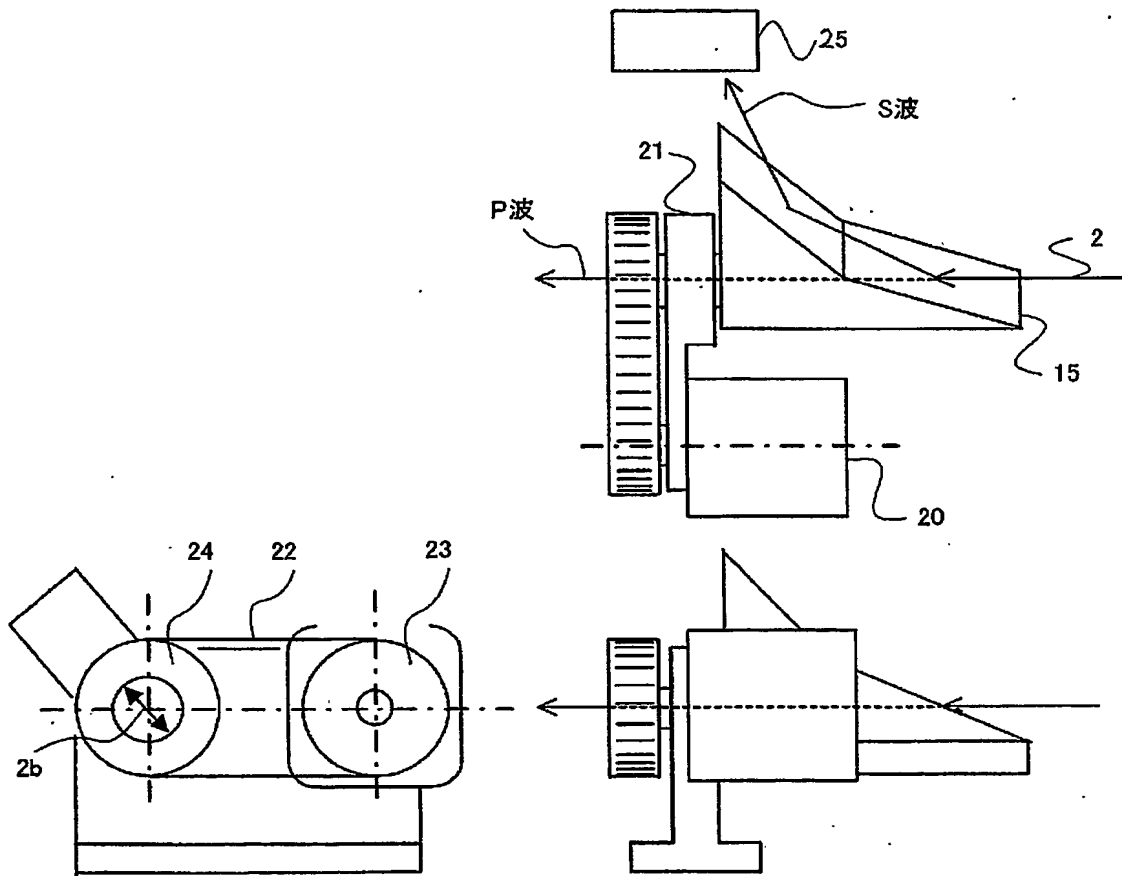
【図 2】



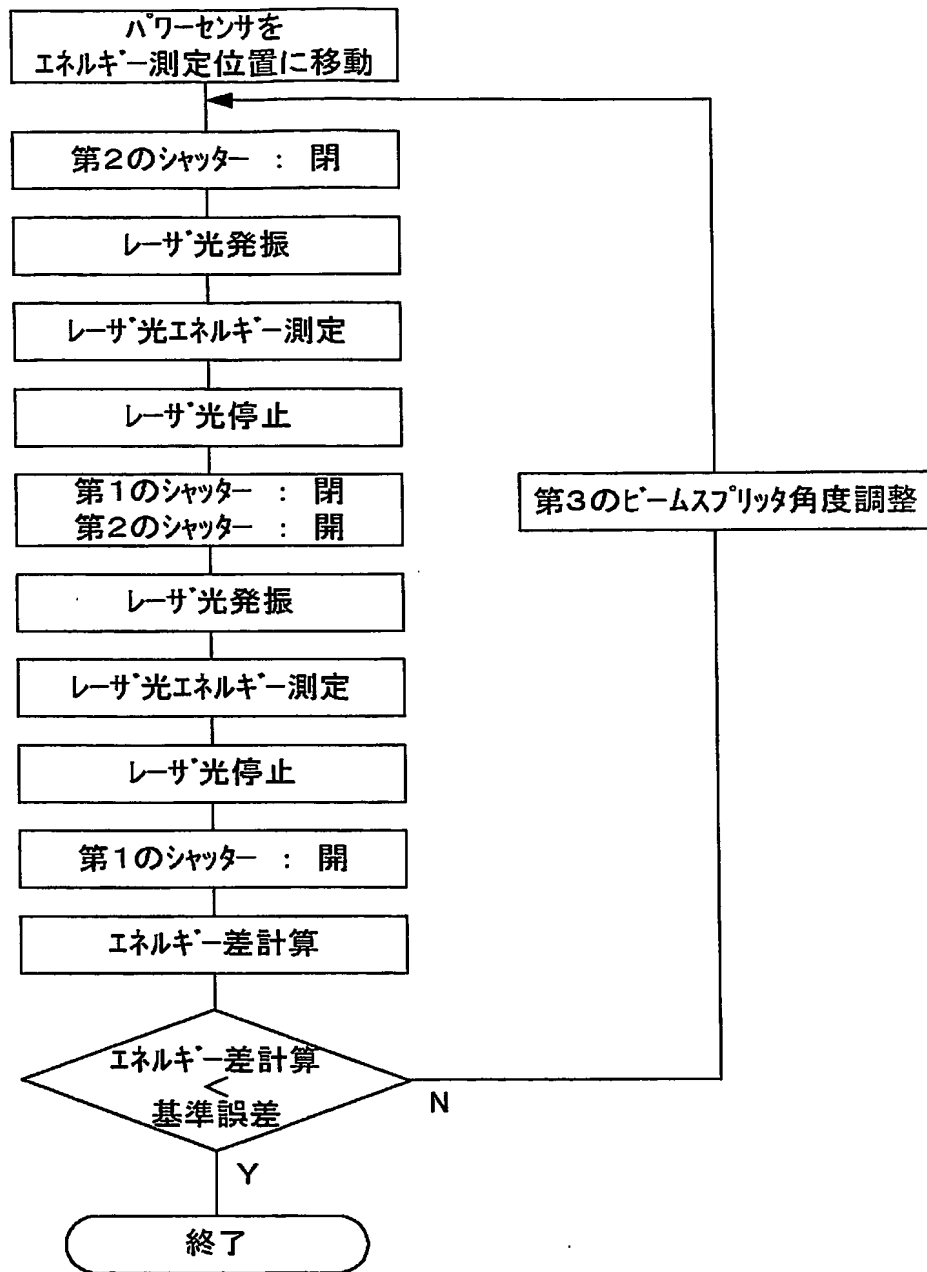
【図 3】



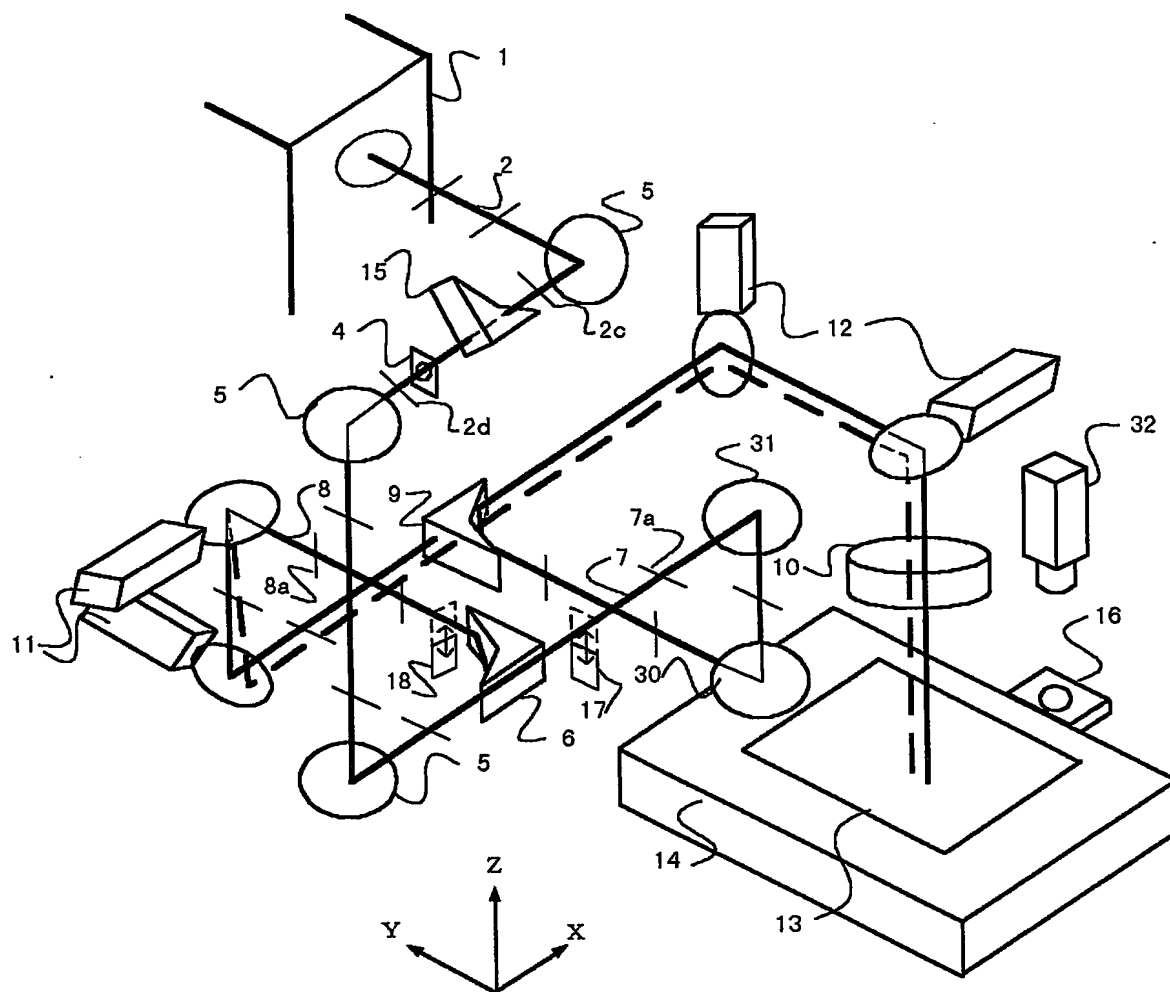
【図 4】



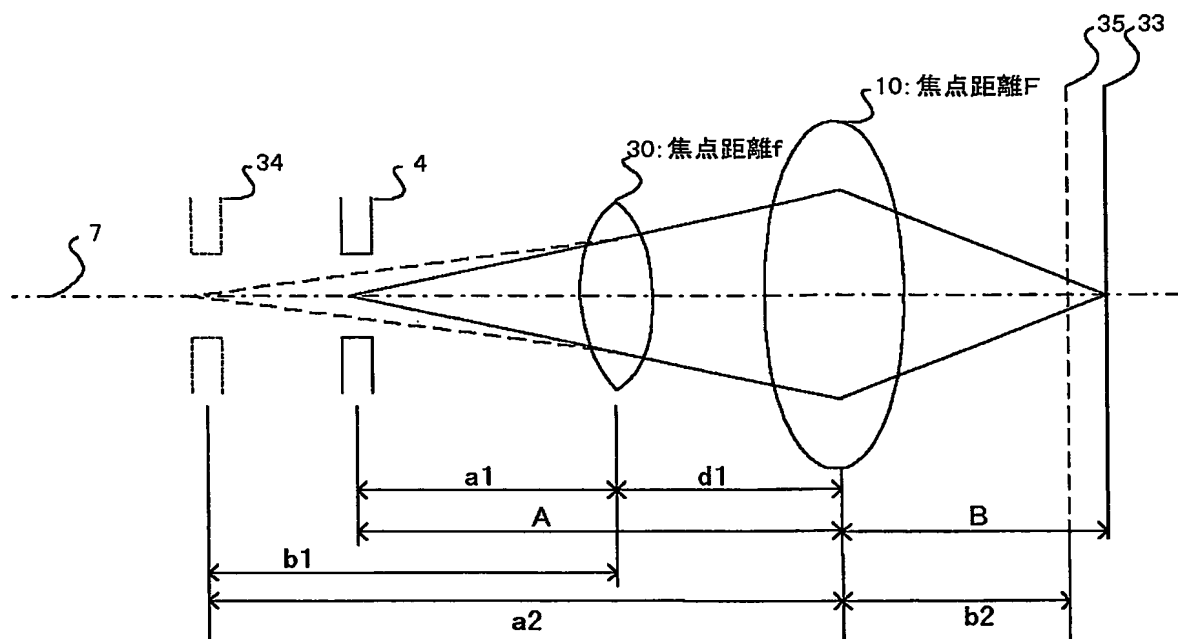
【図 5】



【図 6】

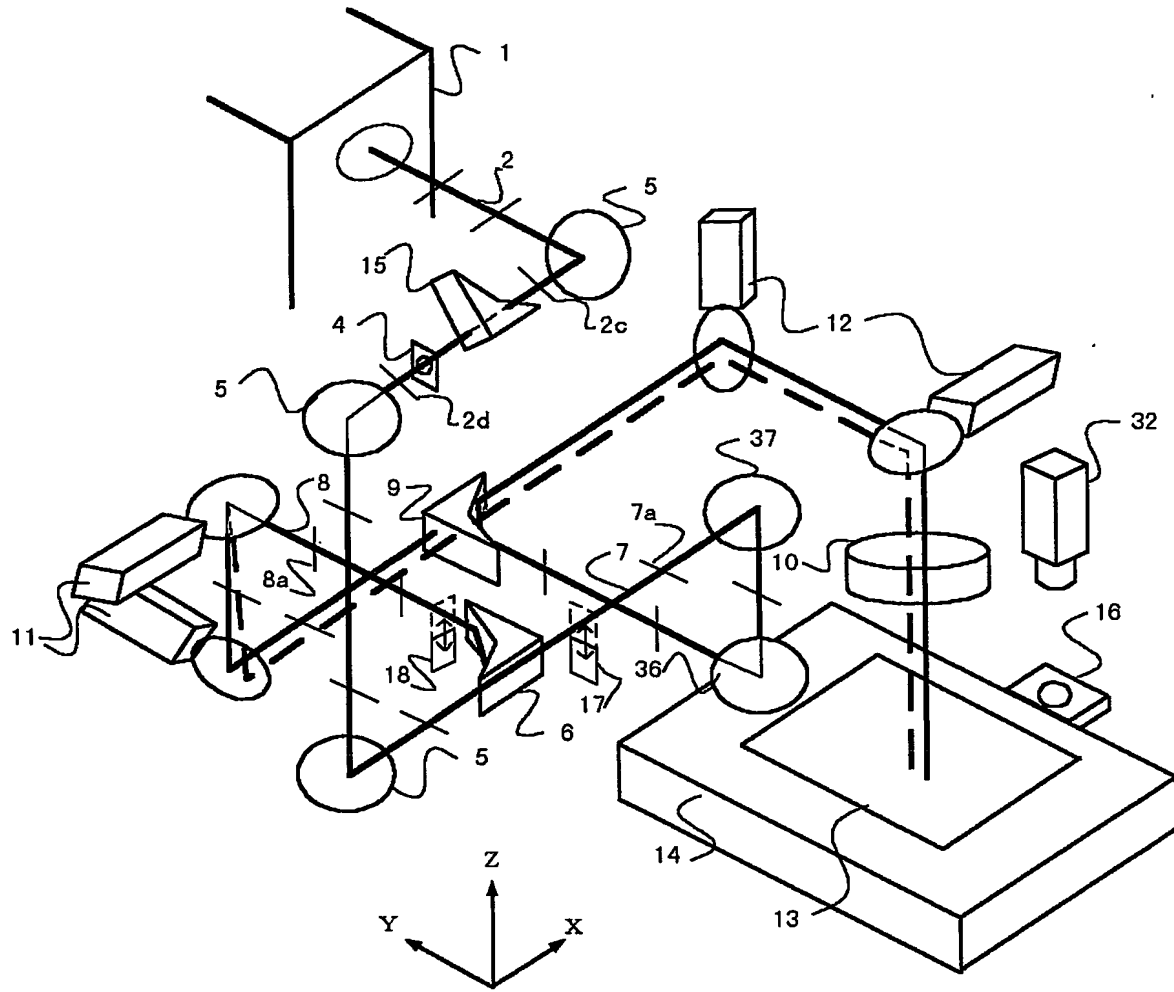


【図 7】

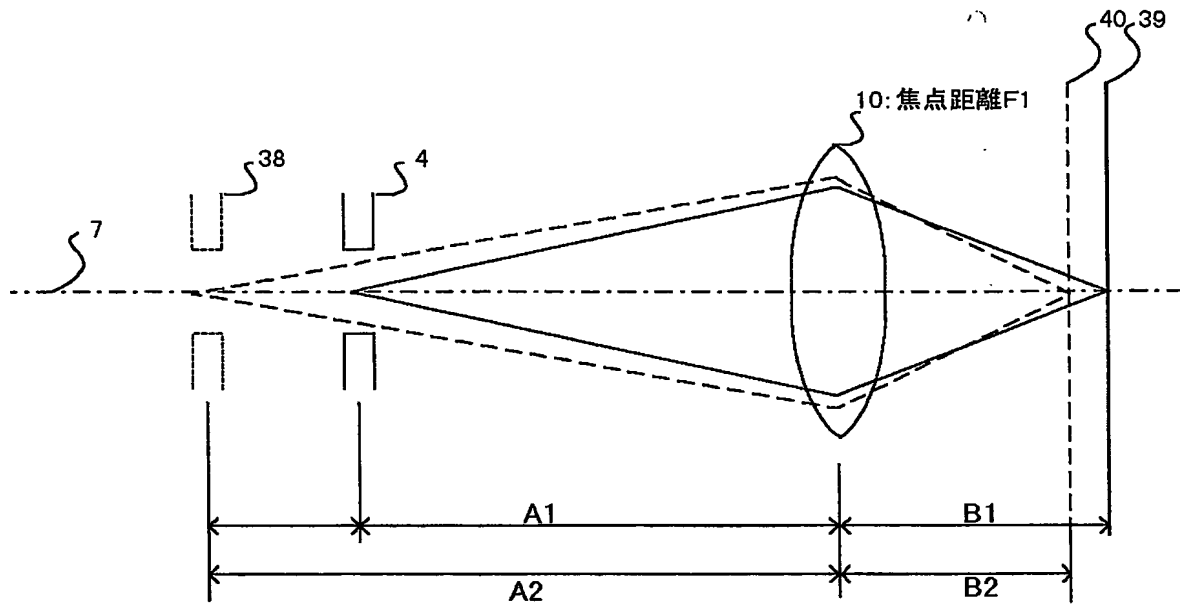




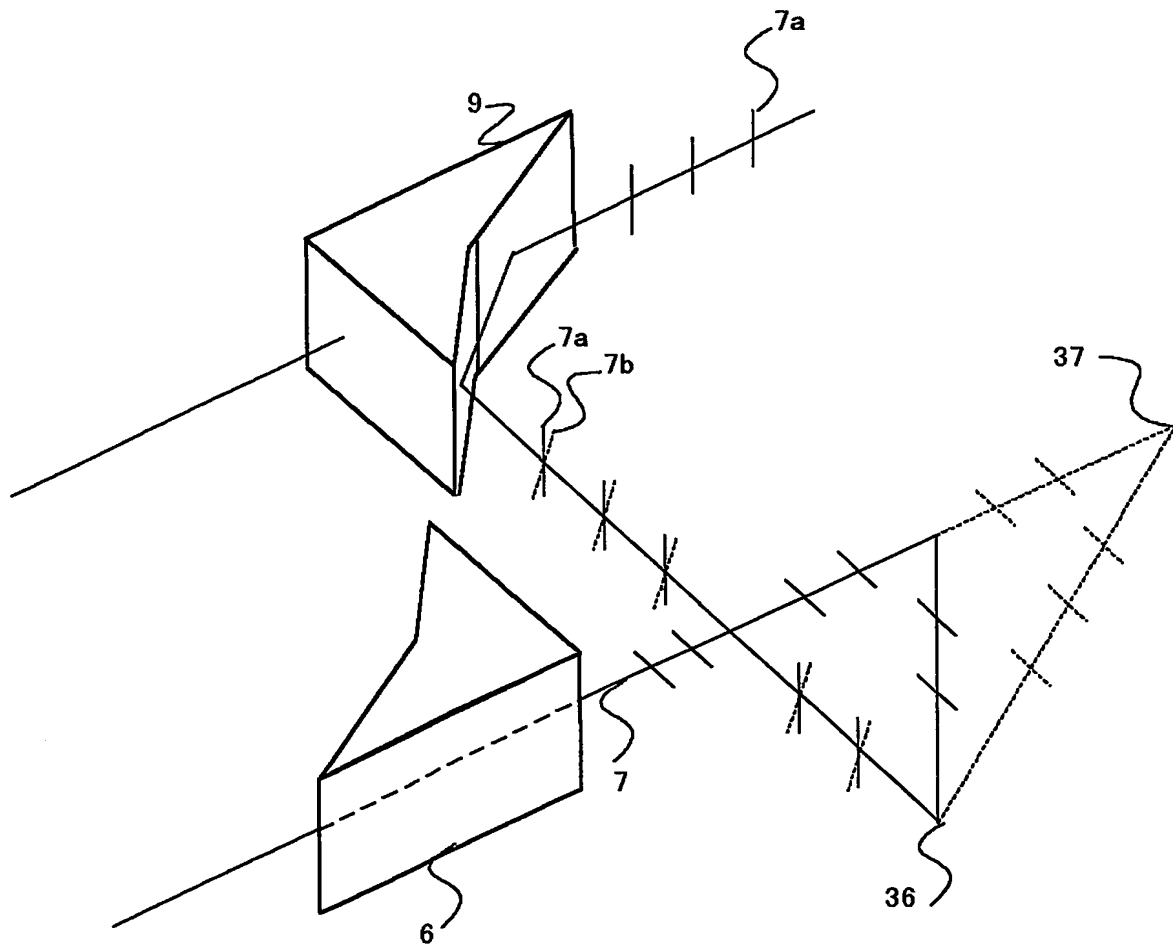
【図 8】



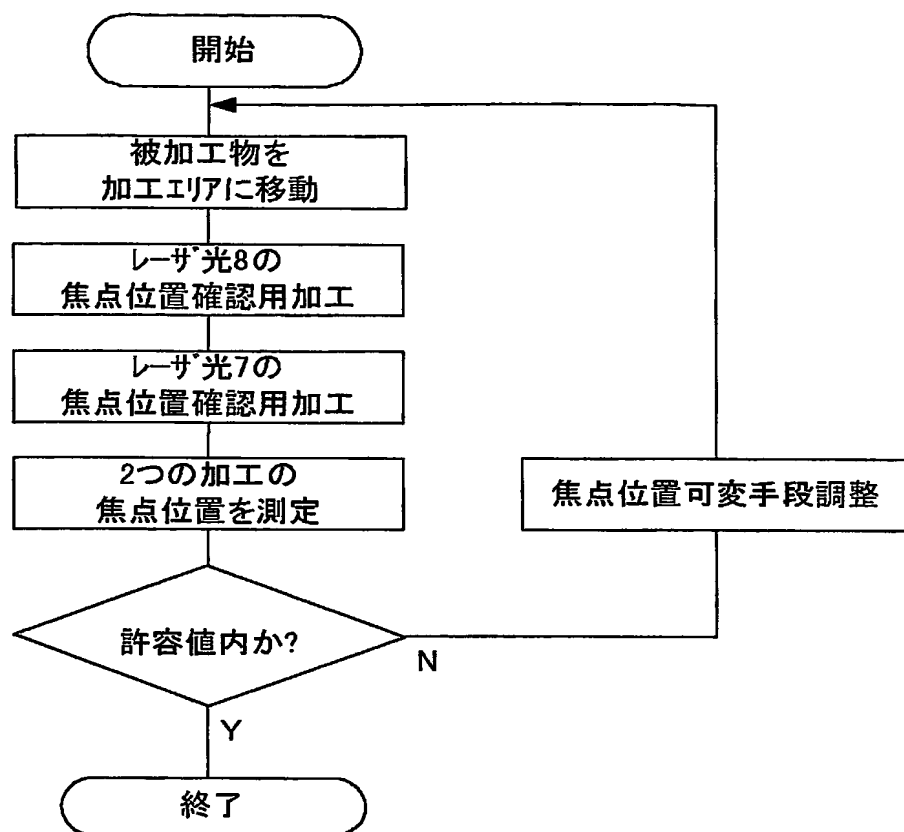
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分光したレーザ光のエネルギーや品質の違いを最小にし、それぞれの光路長を同一にすることでビームスポット径も同一にすることができ、また分光したレーザ光を同一領域に照射することにより、より安価に生産性を向上したレーザ加工装置を得る。

【解決手段】 レーザ光を第一の偏光手段で2つのレーザ光に分光し、一方はミラーを経由し、他方は第一のガルバノスキャナで2軸方向に走査し、2つのレーザ光を第二の偏光手段へ導いた後、第二のガルバノスキャナで走査し、被加工物を加工するレーザ加工装置において、第一の偏光手段で透過したレーザ光は第二の偏光手段で反射させ、第一の偏光手段で反射したレーザ光は第二の偏光手段で透過させるよう光路を構成する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 3 9 9 6 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 6 0 1 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

氏 名

三菱電機株式会社